



Kennisnotitie

**Second opinion risicobeoordeling PFAS defensie terrein
complex Groot Heidekamp te Schaarsbergen**

Inclusief beoordeling van het uitgevoerde nader bodemonderzoek

RIVM

A. van Leeuwenhoeklaan 9
3721 MA Bilthoven
Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl

T 088 689 89 89

Auteur:

Joshua Both

Reviewers:

Marcel Broekman

Arjen Wintersen

Centrum:

M&V | VLH | MVS

Contact:

Joshua.both@rivm.nl

Kenmerk:

KN-2025-0033

DOI:

10.21945/RIVM-KN-2025-0033

Datum:

10 april 2025

1. Inleiding

1.1 Aanleiding en onderzoeksvraag

De ILT heeft een melding ontvangen over twaalf locaties van Defensie waar verhoogde PFAS-gehalten zijn aangetroffen. De saneringsnoodzaak kan worden bepaald op basis van de Indicatieve Niveaus voor Ernstige Verontreiniging (INEV) (Zie §2.2). Defensie heeft besloten een risico gestuurde saneringsaanpak te hanteren en daarmee invulling te geven aan de uitgangspunten van redelijkheid en billijkheid volgend uit artikel 13 van de Wbb. De ILT heeft hiermee ingestemd.

Op basis van de risico-inventarisatie zal de ILT als bevoegd gezag beslissen of en wanneer er gesaneerd moet gaan worden, gezien de stand van zaken over de kennis van saneren (en met name de terugsaneerwaarden) van PFAS-verontreinigde bodem. De volgende stappen worden gehanteerd:

- Stap 1: Beoordelen van verspreidingsrisico, ecologisch risico en humaan risico voor grond en grondwater als gevolg van de verontreiniging.
- Stap 2: Beoordelen van de (technische) mogelijkheden om de risico's weg te nemen of te beperken.
- Stap 3: De verschillende saneringsmethoden (uit stap 2) afzetten tegen de saneringsdoelstellingen.

Het Rijksvastgoedbedrijf (RVB) heeft namens Defensie aan Adviesbureau TTE gevraagd om een risicobeoordeling uit te voeren voor één van deze locaties: 'complex Groot Heidekamp' te Schaarsbergen, specifiek op de oude deellocatie Luchtmacht Elektronische en Technische School (LETS).

De ILT heeft het RIVM als onafhankelijke partij gevraagd om een second opinion te geven op het rapport van TTE over de risicobeoordeling (stap 1). In deze rapportage beoordeelt het RIVM de rapportage van Adviesbureau TTE gevestigd in Deventer op juistheid en volledigheid. Gezien deze rapportage een aanvulling is op het bodemonderzoek van Sweco, wordt het bodemonderzoek ook beoordeeld.

1.2 Aanpak

De second opinion is uitgevoerd op basis van de aangeleverde rapporten door de ILT en onderliggende informatie over bodemonderzoeken en chemische analyses, het wettelijk kader voor bodembescherming, RIVM publicaties over PFAS en bodemsaneringscriteria, literatuuronderzoek en de aanwezige kennis bij enkele RIVM deskundigen. Literatuuronderzoek is uitgevoerd met geschikte trefwoorden in bibliografische literatuurbestanden.

De beoordeelde rapporten betreffen:

- Nader bodemonderzoek Sweco 2021 (hierna 'rapportage Sweco fase 1 en 2')¹ 'Sweco Bodemonderzoek PFAS en indicatief asbest- en milieuhygiënisch bodemonderzoek - LETS Groot Heidekamp' Kenmerk NL21-648800269-793, versie D1, 7 juli 2021.
- Nader bodemonderzoek Sweco 2024 (hierna 'rapportage Sweco fase 3') 'Nader bodemonderzoek PFAS Fase 3 Groot Heidekamp te Schaarsbergen', kenmerk NL24-648800269-90621, versie niet vermeld, 22-08-2024
- Risicobeoordeling TTE Groot Heidekamp (hierna 'risicobeoordeling TTE') 'TTE Risicobeoordeling PFAS Groot Heidekamp te Schaarsbergen' Kenmerk C24013-002M-03D, versie niet vermeld, 7 augustus 2024.

De methode van de risicobeoordeling wordt beoordeeld op basis van de GGD-richtlijn medische milieukunde: bodem en gezondheid (Kragt et al., 2024). Het nader bodemonderzoek zal worden bekeken volgens de Nederlandse Technische Afspraak, NEN (Nederlandse Norm) voorschrift NTA-5755 (Kea, 2024; Sietzema, 2021). Waar relevant is de NEN 5740 geraadpleegd (NEN, 2023b).

1.3 Leeswijzer

De kennisnotitie is opgebouwd uit een chronologische beoordeling van de documenten. Initieel wordt er een opmerking gemaakt met betrekking tot de kaders van deze kennisnotitie. In hoofdstuk 2 wordt eerst rapportage Sweco fase 1 en 2 samengevat, gevolgd door een beoordeling van het vooronderzoek, de onderzoeksstrategie en de interpretatie van de onderzoeksresultaten.

Hierop volgend wordt dezelfde methodiek toegepast op rapportage Sweco fase 3. Het hoofdstuk sluit af met een beoordeling en overkoepelend RIVM advies voor rapport fase 1, 2 en 3. Hierna volgt hoofdstuk 3, waarin de risicobeoordeling van TTE wordt gespiegeld aan de GGD-richtlijnen, en om te beoordelen of de beschikbare informatie goed is geïntegreerd. De notitie sluit af met een overkoepelende conclusie.

Beknopte achtergrond informatie PFAS

Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) zijn stoffen die behoren tot de zogenaamde 'forever chemicals'. Dit is een brede groep van door de mens gemaakte stoffen waarvan wordt verondersteld dat deze toxisch zijn voor mens en milieu, niet of nauwelijks natuurlijk afbreekbaar zijn en accumuleren (Brunn et al., 2023). Alle PFAS zijn door het RIVM als zeer zorgwekkende stoffen aangemerkt².

PFAS kunnen op verschillende manieren in het milieu terechtkomen. Een bekende bronemissie en verspreidingsroute van PFAS is blusschuim dat van oudsher hoge concentraties PFAS bevatte. Tijdens brandweeroefeningen komt het blusschuim vrij met de daarin aanwezige PFAS. De PFAS verspreidt zich vervolgens in de bodem en het naburige oppervlaktewater zoals beken, plassen en waterwegen. Emissie en verspreiding kan ook plaatsvinden door de productie, opslag, transport en verwerking van afvalstoffen (kunststofafval, gecoat papier, afgedankte pannen, harsen, oude apparatuur, etc.) (Evich et al., 2022).

Voor meer informatie zie: <https://www.rivm.nl/pfas>

¹ Hoewel nader onderzoek tot fase 3 behoort, is er in dit rapport nader onderzoek richting PFAS verweven.

² Zie <https://www.rivm.nl/nieuws/pfas-op-lijst-zeer-zorgwekkende-stoffen-zs> (februari 2025)

2. Nader bodemonderzoek Sweco

2.1 *Opmerking vooraf*

Het bodemonderzoek fase 1 en 2, uitgevoerd door adviesbureau Sweco, bestaat uit zowel een milieu hygiënisch vooronderzoek, een verkennend bodemonderzoek en een beknopt deel nader bodemonderzoek. Fase 3 bestaat uitsluitend uit nader bodemonderzoek. Om een risicobeoordeling uit te voeren (zoals gedaan door TTE), zouden volgens de richtlijn van de GGD zowel het historisch, verkennend als nader bodemonderzoek moeten worden beoordeeld (Kragt et al., 2024).

Het valt echter buiten de scope van deze second opinion om de drie soorten bodemonderzoek separaat op de methodiek te beoordelen. Hier zijn enkele redenen voor. Er wordt door het RIVM geen volledig nieuwe risicobeoordeling uitgevoerd. Daarnaast is het milieu hygiënisch vooronderzoek en het verkennend bodemonderzoek uitgevoerd in 2021 met de destijds respectievelijk geldende NEN 5725:2017 nl en NEN 5740:2009+A1:2016 nl (Sietzema, 2021). Deze zijn beide in 2023 vernieuwd, respectievelijk NEN 5725:2023 nl en NEN 5740:2023 nl (NEN, 2023a, 2023b). Hier is ervoor gekozen om deze in 2021 uitgevoerde onderzoeken niet meer te beoordelen aan de hand van ingetrokken NEN voorschriften (evenals het in 2019 uitgevoerde historische onderzoek). Dit betekent echter niet dat er geen bruikbare informatie kan worden verschaft uit deze onderzoeken. Daarbij speelt afbakening een rol. Het nader bodemonderzoek zal informatie correct moeten integreren van voorgaande fasen en wordt daarom als laatste referentiepunt aangegrepen.

Met in achtnaam van de relevantie van deze second opinion voor vervolgonderzoek, en om systematisch hiaten in kennis omtrent deze locatie te kunnen identificeren, is ervoor gekozen om het nader onderzoek uit rapport fase 1, 2 en 3 te beoordelen aan het laatst geldende voorschrift, NTA 5755:2022 nl. Onder bepaalde omstandigheden vraagt de situatie meer dan wat volgt uit de voorschriften; hier wordt ook aandacht aan besteed.

Het is gebruikelijk dat bodemonderzoeken langere tijd lopen, en aangevuld worden naar aanleiding van het beschikbaar komen van nieuwe informatie, nieuwe onderzoeksmiddelen en veranderende normen. Voor het RIVM is het belangrijk om te bepalen of er voldoende informatie is verzameld ter beeldvorming van de verontreinigingssituatie. Dit gaat bijvoorbeeld om de afperking, bodemopbouw, hydrologie, de ligging van kwetsbare objecten en het bodemgebruik, zowel vroeger, nu, als in de toekomst. Het is van belang dat de verzamelde informatie goed wordt toegepast bij een risicobeoordeling.

Het bodemonderzoek van Sweco (fase 1 en 2) bevat naast PFAS onderzoek ook een rapportage over milieu-hygiënisch onderzoek naar asbest en overige parameters (PAK, metalen). In fase 3 is (een klein) onderzoek uitgevoerd naar minerale olie. Vanwege de focus op de risico's van PFAS, en de zeer beperkte grootte van de overige verontreinigingen, wordt aan deze delen van de rapportages geen verdere aandacht besteed.

2.2 *Beknopte samenvatting bodemonderzoek rapport fase 1 en 2*

Uit historisch bodemonderzoek en aanvullend vooronderzoek was er aanleiding om het LETS (Luchtmacht Elektronische en Technische School) terrein te Groot-Heidekamp op PFAS-verbindingen te onderzoeken. Om deze reden zijn 10 deellocaties op dit terrein onderzocht op PFAS verontreiniging in de bodem. De deellocaties staan beschreven in rapportage Sweco fase 1 en 2 §2.7 (Sietzema, 2021).

Uit het onderzoek blijkt dat er hoge gehalten PFAS in de grond en het grondwater aanwezig zijn. Deze overschrijden de Indicatieve Niveaus voor Ernstige Verontreiniging (INEV), hetgeen duidt op bodemverontreiniging (Wintersen & Otte, 2020). De verontreiniging is ontstaan door jarenlang gebruik van schuimvormend middel (SVM)-houdend bluswater. Er is tot maximaal 5 meter diep geboord, waar nog wel PFAS is gevonden. Daarnaast beperken de boringen zich tot het LETS terrein. De verontreiniging is hierom niet volledig afgeperkt³, zowel niet horizontaal als verticaal.

Met betrekking tot de gemeten stoffen in de bodem is PFOS aangemerkt als de dominante verontreinigende stof, gevolgd door andere PFAS zoals PFHxS en PFOA. De locaties en concentraties van de PFAS-verontreiniging op het terrein op de verschillende sampling locaties zijn in het rapport van Sweco opgenomen in bijlage 2 (locatie boringen en peilbuizen) en 5 (locatie boringen met concentraties) uit het onderzoeksrapport fase 1 en 2 (Sietzema, 2021).

PFAS Indicatieve Niveaus voor Ernstige Verontreiniging (INEV) waarden

Gezien de grootte van het PFAS vraagstuk zijn er INEV's vastgesteld door het RIVM. Deze waarden zijn vergelijkbaar met Interventiewaarden en kunnen bij de beoordeling van bodemverontreiniging als zodanig worden gebruikt.

Voor PFOS, PFOA, en GenX zijn dit respectievelijk 110, 1100 en 97 µg/kg ds. De INEV's liggen een stuk hoger dan de grenswaarden van PFAS in het handelingskader voor hergebruik van PFAS houdende grond en baggerspecie (Wintersen, 2023). Dit heeft te maken met de grens van onaanvaardbare risico's. Deze ontstaan wanneer 50% van de planten en dieren in het ecosysteem worden aangetast door stoffen in de bodem of het grondwater. Voor het handelingskader voor hergebruik is dit 5%.

INEV's indiceren of er mogelijk moet worden gesaneerd. Het tijdelijk handelingskader moet voorkomen dat de bodem op meerdere plekken vervuild raakt door grondverzet.

Voor de afleiding van de INEV's, zie *Indicatieve niveaus voor ernstige bodem- en grondwaterverontreiniging (INEV's) voor de stoffen PFOS, PFOA en GenX*. RIVM (Wintersen & Otte, 2020).

2.3 Bevindingen Sweco rapport fase 1 en 2 RIVM NEN NTA-5755:2022 nl

De NTA-5755:2022 nl beschrijft het proces voor het opstellen van de onderzoeksstrategie indien nader bodemonderzoek nodig is. In deze paragraaf wordt het nader onderzoek beoordeeld aan de hand van deze werkwijze. Vanwege de focus van de rapportage van Sweco fase 1 en 2 (verkennend onderzoek) wordt niet genoemd dat de NTA 5755:2022 nl is gevolgd. Dit hoeft echter niet te betekenen dat er niet aan de NTA wordt voldaan.

Als aanleiding voor het nader bodemonderzoek wordt gesteld dat uit het vooronderzoek en het verkennend bodemonderzoek is gebleken dat PFAS aanwezig is. Het onderzoeksdoel is de bepaling van de omvang van de PFAS-bodemverontreiniging. Een vraag die hierbij vanuit de NTA 5755:2022 §4.1 wordt gesteld, is of er in de informatiebehoefte is voldaan om deze vraag te beantwoorden (NEN, 2022).

³ De grenzen zijn niet duidelijk in kaart gebracht.

Beoordeling vooronderzoek

In de Sweco rapportage fase 1 en 2 is het vooronderzoek meegenomen in hoofdstuk 2, waarin de benodigde informatie wordt verzameld. Aan de hand van deze informatie worden hypothesen per deellocatie opgesteld. Wanneer dit wordt gespiegeld aan de NTA, kan worden gesteld dat er voldoende informatie is verzameld om een goede indicatie te hebben van waar onderzoek plaats moet vinden. Aan de hand van deze informatie zou vervolgens een conceptueel model van de locatie kunnen worden opgesteld (zie NTA 5755 : 2022 figuur 2) (NEN, 2022). Er wordt niet expliciet genoemd dat er een conceptueel model is opgesteld, maar paragraaf §2.7 zou kunnen worden gezien als een conceptueel model, gezien het de bevindingen per deellocatie samenvat.

In het vooronderzoek wordt weinig aandacht besteed aan de potentiële verspreiding van de verontreiniging (snelheid grondwaterstroming). Dit is echter belangrijke informatie wanneer men de omvang wil bepalen, ook met betrekking tot monstername. Dit komt ook niet terug bij het onderzoeksvoorstel. In fase 3 wordt hier wel uitvoerig aandacht aan besteed.

Met betrekking tot receptoren van de verontreiniging wordt er kort genoemd dat er ten zuidwesten op 800 m afstand een grondwaterbeschermingsgebied ligt, evenals een waterwingebied (la Cabine) op 4 km (richting het zuiden). Dit wordt niet verder meegenomen in de afweging met betrekking tot monstername voor het onderzoek en wordt ook niet genoemd in de conclusie van het vooronderzoek. In fase 3 komt dit wel weer aan bod.

Er worden per deellocatie hypothesen gesteld (paragraaf §2.8) met betrekking tot de verontreinigingssituatie. Uit de hypothesen blijkt dat er onderzoek wordt gedaan van 0,0-2,0 m-mv of 0,0-5,0 m-mv (verschilt per deellocatie). Uit het verkennend bodemonderzoek bleek al dat er PFAS boven de INEV was aangetoond in grondlaag 1,5-2,0 m-mv.

Er is vanuit het historisch onderzoek bekend dat de vervuiling waarschijnlijk al sinds 1980 aanwezig is (Riel, 2019); voor 1980 werd er gebruik gemaakt van ossenbloed als vlamvertrager. Per dag werden 2-6 vaten gebruikt van 200 L SVM. Met 125 oefendagen per jaar, gedurende 10 jaar, komt dit neer op ongeveer 500 m³ – 1.500 m³ hoog PFAS houdende vloeistof in totaal (Sietzema, 2021).

Uit de informatie omtrent bodemopbouw en geohydrologie volgt dat het maaiveld overeenkomt met 49 m+NAP, terwijl de ondiepe grondwaterstand op locatie zo'n 30,0 m-mv bedraagt (Ofwel zo'n 20 m+NAP). In metingen uit het verleden, wanneer men kijkt naar de Nederlandse grondwaterstand, (bijvoorbeeld grondwatertools punt B40A0588 van meetreeks 2011 – 2019), lijkt de grondwaterstand vrij consistent tussen de 19-20 m+NAP te staan. Er wordt verwacht dat de aanwezigheid van de verontreiniging door het bodemprofiel heen weinig is beïnvloed door fluctuaties in grondwaterstand. Wel wordt uitloging verwacht.

Het uitlooggedrag van PFAS is complex, zeker omdat PFAS een brede groep moleculen omvat, met zowel hydrofobe als hydrofiele eigenschappen (van Leeuwen et al., 2023). Daarbij verschilt de mobiliteit van de PFAS in de bodem en (infiltrerend) water per stof.

Uit onderzoek van het RIVM is gebleken dat de hoogste concentraties PFAS in water direct onder de grondwaterspiegel worden gevonden. Er wordt ook genoemd dat de PFAS-belasting in water na 25 jaar minder is dan hiervoor (Wintersen et al., 2021). Dit

onderzoek betrof echter diffuse verontreiniging; dat wil zeggen, verontreiniging voorkomend over grotere oppervlakken, waarbij niet direct een puntbron is aan te wijzen. In fase 3 wordt echter ook de meeste PFAS direct onder de grondwaterspiegel aangetroffen. Dit geeft echter geen informatie over of de PFAS-belasting op het grondwater momenteel meer of minder is dan voorheen.

Gezien de verontreiniging onvoldoende is afgeperkt, zit er een kennishiaat in hoeveel PFAS er zijn uitgelooft, en hoeveel er nog in de bodem aanwezig is. Er is daarbij weinig bekend over de actuele en historische vrachtverdeling tussen bodem en grondwater. De verontreiniging is al 30-40 jaar aanwezig; de verzamelde gegevens zijn een moment opname. In tabel 5-4 van de rapportage worden er bijvoorbeeld PFOS-gehalten tot 18 µg/l in het water gerapporteerd, en PFHxS gehalten tot 86 µg/l, dit bevestigt dat er PFAS is uitgelooft. Uit grondwateronderzoek blijkt dat er stroomafwaarts van de locatie zeer hoge concentraties PFAS (met name PFHxS) worden gemeten⁴. In fase 3 wordt het grondwater uitgebreider bemonsterd.

Volgens de NEN-5740 wordt gesteld dat tot 5,0 m-mv boren afdoende is voor verkennend onderzoek. Echter zit hier het grondwater dusdanig diep dat het de vraag is of dit voldoende is voor de beeldvorming. Daarbij zouden metingen voor grondwater in de potentiële pluim (op basis van grondwaterstroming en de leeftijd van de verontreiniging) gewenst zijn. Het is niet noodzakelijk dit meteen in het vooronderzoek te betrekken of in de initiële onderzoeksstrategie vanwege het gebrek aan beschikbare data. Echter kan het wel mee worden genomen in de bijstelling, indien de onderzoeksvraag niet voldoende wordt beantwoord, en dit onzekerheden met zich meebrengt (aanpassing conceptueel model). Dit past bij de werkwijze binnen de NTA-5755 (Zie bijvoorbeeld §6.2.3.2 Omvangbepaling pluim). Dit wordt in fase 3 behandeld.

Beoordeling onderzoeksstrategie

In de rapportage van Sweco fase 1 en 2 lijken het verkennend en het nader bodemonderzoek door elkaar heen te lopen. De scheiding hiertussen is onoverzichtelijk. Dit bemoeilijkt het beoordelen van het nader bodemonderzoeksgedeelte.

In paragraaf §4.2 van het rapport fase 1 en 2 wordt de onderzoeksstrategie voor nader onderzoek uitgelegd. Deze bouwt voort op de strategie van het verkennend onderzoek, waarin de enige aanvulling is dat de monsters worden geanalyseerd op basis van ruimtelijke verdeling en toetsingsresultaat 'niet-toepasbaar' en/of 'INEV'. In bijlage 4 van de Sweco rapportage fase 1 en 2 staat de motivatie per monster beknopt genoemd; de verwijzing hiernaar in de hoofdtekst ontbreekt. Er is geen overkoepelende motivatie beschreven met achterliggende gedachten waarom specifiek bepaalde groepen monsters zijn uitgekozen. Hoewel dit kan worden gededuceerd door de lezer, zal dit berusten op een aanname, hetgeen een onzekerheid is die de schrijver hier had kunnen voorkomen. De methodiek voor het kiezen van technieken om vragen te beantwoorden die voortkomen uit resultaten van voorgaand onderzoek wordt niet genoemd.

Overkoepelend wordt het beeld verkregen dat verdere uitleg of motivaties van keuzen ontbreken. Dit bemoeilijkt de beoordeling van het onderzoek.

⁴ Dit is in peilbuis 'OB2' en '2958', zie bijlage 2 van de Sweco rapportage fase 1 en 2

Beoordeling interpretatie van onderzoeksresultaten

Vanuit de NTA-5755:2022 wordt gesteld dat onvoldoende nauwkeurige resultaten zijn behaald indien er onvoldoende informatie is verzameld om aan de doelstelling van het nader onderzoek te voldoen. De doelstelling van het nader onderzoek was het bepalen van de omvang van de PFAS verontreiniging. De verontreiniging is echter niet volledig afgeperkt, dus volgens de NTA-5755:2022 zou dit nader onderzoek onvoldoende nauwkeurige resultaten opleveren (NTA-5755:2022 §7.2 opm. 1) (NEN, 2022). Fase 3 bouwt hierop voort, waarin meer aandacht wordt besteed aan de integratie van de resultaten in een conceptueel model.

Er wordt genoemd dat er ten tijde van het opstellen van het onderzoeksrapport geen INEV voor overige PFAS is afgeleid, waardoor er geen INEV voor humaan en ecologisch risico wordt overschreden. Hoewel deze bewering correct is, moet dit geen excuus zijn om de overige PFAS niet te beoordelen. Hiervoor zou methodisch gebruik kunnen worden gemaakt van de relatieve potentie factoren (RPF's). Dit zijn vertaalslagen in toxiciteit van overige PFAS verbindingen t.o.v. eenheden PFOA. Dit stelt beoordeling toe van PFAS mengsels in PFOA-eenheden voor bodem of (drink)water (Wintersen & Otte, 2021; Zeilmaker et al., 2018)⁵. Voor de bodemsituatie zijn deze RPF's echter niet direct te vertalen met betrekking tot toxiciteit (door tussenroutes zoals gewasconsumptie), voor grondwater wel. Er zijn in 2021 risicogrenzen voor interventiewaarden bepaald voor PFOS, PFOA en GenX in grond en grondwater (Wintersen & Otte, 2021). Daarnaast is er een impact assessment gemaakt op basis van deze waarden. Hierin wordt aanbevolen bij toetsingen aan PFAS zoveel mogelijk rekening te houden met het volledige mengsel van stoffen, op basis van RPF factoren (Wintersen, 2022). Gezien de samenstelling van de verontreiniging is het hier verdedigbaar dat PFOS als maatgevend wordt beschouwd voor de actuele risico's.

2.4 Bevindingen Sweco rapport fase 3 RIVM NTA-5755:2022 nl

In fase 3 wordt verder ingegaan op de stromingsrichting van het water en de risico's voor kwetsbaar object La Cabine. Voor de resultaten van het onderzoek naar de deellocaties per locatie wordt verwezen naar Sweco rapport §6.2.

Sweco geeft aan in deze rapportage wel de NTA 5755 te hebben gevolgd. De doelstelling uit vorig rapport wordt herhaald, met de toevoeging dat de risico's voor het locatiegebruik en voor het drinkwaterwingebied ditmaal zullen worden bepaald op basis van de resultaten. Hierbij wederom de vraag of er in de informatiebehoefte genoeg is voorzien om het nader onderzoek uit te voeren (vooronderzoek).

Samenvatting Sweco rapport fase 3

Uit het vooronderzoek bleek dat de bodemverontreiniging onvoldoende is afgeperkt en dat er mogelijk PFAS is meegekomen met aanvulgrond uit een sanering in 2004/2005. Er worden vier hoofdvragen gesteld over PFAS:

- Is de verontreiniging voldoende afgeperkt?
- Is er een risico voor drinkwatergebied La Cabine?
- Bevat de hergebruikte en aangevoerde grond van de sanering 2004/2005 PFAS?
- Is er PFAS-houdend blusschuim verwaaid door de wind?

De onderzoeksstrategie richt zich op het bepalen van de omvang van de bodemverontreiniging en de verspreiding van PFAS. Er zijn twee diepe boringen

⁵ Voor RPF factoren zie: <https://www.rivm.nl/pfas/rpf>

uitgevoerd, maar dit lijkt beperkt om de verticale situatie volledig in kaart te brengen. De onderzoeksresultaten tonen verhoogde PFAS-waarden, vooral PFOS (idem fase 1 en 2), en suggereren dat de (grondwater)verontreiniging grotendeels op de locatie blijft.

De verontreiniging is tot 4,0 m-mv goed afgeperkt, maar tussen 4,0-5,0 m-mv is het patroon gebaseerd op de aanname dat dit vergelijkbaar is met de situatie op 4,0 m-mv. Vanaf 5,0 m-mv is de verontreiniging heterogeen aanwezig. Het volume van verontreinigde grond wordt geschat op 122.189,5 m³ tot 5,0 m-mv en op 450.765 m³ onder 5,0 m-mv. De aangevoerde grond uit 2004/2005 blijkt niet vervuild met PFAS. De hergebruikte gebiedseigen grond die vervuild was, is in kaart gebracht. Het blusschuim heeft zich in alle richtingen verspreid. De verontreiniging lijkt langs het drinkwaterwinningspunt bij La Cabine te stromen.

Het advies van Sweco is om het juridisch kader vast te stellen omtrent de verontreiniging. Er wordt ook geadviseerd de PFAS-gehalten in het grondwater jaarlijks te monitoren in afwachting van beleid omtrent de PFAS-problematiek.

Beoordeling vooronderzoek en conceptueel model

De informatie uit de rapportage van fase 1 en 2 wordt meegenomen in fase 3. De onderzoeksvragen zoals genoemd in de samenvatting worden hier opgesteld aan de hand van deze informatie, conform de NTA 5755. Ditmaal wordt al in het vooronderzoek aandacht besteed aan het in kaart brengen van het waterwingebied La Cabine en de grondwaterisohypsen voor de potentiële stromingsrichting van het grondwater. Het bodembeleid van het gebied is meegenomen, waaruit blijkt dat PFAS geen klasse bepalende parameter is.

Op basis van deze gegevens is, conform de NTA 5755 §5, een conceptueel model opgesteld (Sweco rapport fase 3 §2.9) waarbij de informatie geïntegreerd is, in zowel een dwarsprofiel als een bovenaanzicht. Het valt op dat de stromingsrichting zoals bepaald via de isohypsen niet wordt gevolgd in dit conceptueel model, maar dit kan te wijten zijn aan dat het rapport een conceptversie is. Echter wordt wel uitvoerig aandacht besteed aan de grondwaterstroming in de rapportage en is er een grondwatermodel opgesteld (Sweco rapport fase 3, bijlage 7). Volgens NEN 5755:2022 zouden de eventuele receptoren van de verontreinigende stoffen en/of bedreigde objecten moeten worden meegenomen in het conceptueel model. Hoewel dit niet is gedaan, blijkt uit de rest van de rapportage dat hier uitvoerig aandacht aan is besteed. Aan de hand van de onderzoeksresultaten wordt het conceptueel model van de locatie aangepast (Sweco rapport fase 3 §5.3.5). Daarnaast is ervoor gekozen om aangetoonde verontreiniging vanaf 4,0 m-mv te visualiseren in het conceptueel model als een wisseling tussen 'kleiner dan de INEV' en 'groter dan de INEV' (zie extra uitleg bij §2.2), vanwege de onzekerheid (heterogeen verdeeld). Het conceptueel model geeft een beeld van de situatie op de locatie aan de hand van resultaten uit het vooronderzoek en nader onderzoek. Dit model dient voor de compleetheid van de informatie aangevuld te worden met het grondwatermodel en de kaarten uit bijlage 2 van de Sweco rapportage fase 3. Tezamen geven deze een overzicht van de ingeschatte verontreinigingssituatie.

Beoordeling onderzoeksofzet en strategie

Op basis van het conceptueel model wordt de onderzoeksofzet bepaald. De onderzoeksstrategie is gericht op het bepalen van de omvang van de bodemverontreiniging. Het doel is om een grondwatermodel op te stellen om de PFAS-verspreiding te visualiseren en daarmee de locaties voor extra peilbuizen te bepalen. Daarbij wordt onderzoek gedaan naar de diepere bodemlagen op de onderzoekslocatie.

In het bijzonder wordt aandacht besteed aan receptor La Cabine. Dit is volgens de NTA 5755:2022 correct uitgevoerd. Verder is het ook een goede keuze dat bij de verspreidingsmodellering is uitgegaan van het meer mobiele PFOA. Het blijkt dat er in deze opzet (en uitvoering in H3) een onderzoeksinspanning wordt voorgesteld die verder gaat dan het terrein (voor zowel bodem als grondwater), en rekening houdt met receptoren in de omgeving. Het is hierbij belangrijk dat met de verkregen informatie en de opgestelde modellen een voorspelling kan worden gedaan van de ontwikkeling van de verontreinigingssituatie.

In fase 3.3.1 van het onderzoek wordt voorgesteld 2 diepe boringen (tot 10 m-mv) uit te voeren in het onderzoeksgebied om de verspreidingskenmerken in kaart te brengen. Daarbij wordt er op 1 punt tot grondwater geboord (Roto-Sonic) om een peilbuis te plaatsen. Gezien de grootte van de locatie (>2 ha) en de diepte van het grondwater (~28-30 m-mv) lijkt dit beperkt om de verticale situatie in kaart te brengen dan wel af te perken. Echter geeft de NTA 5755 hier geen verdere suggesties voor (evenals bijvoorbeeld de NEN 5740, tabel 11 voor verkennend onderzoek: VED-HE-NL). Ditzelfde geldt voor het aantal peilbuizen. In de NTA wordt echter wel gevraagd om een afweging of de onderzoeksinspanning de onderzoeksvragen voldoende beantwoordt, en of additionele onderzoeksinspanning kosteneffectief is en/of tot de gewenste beantwoording van de onderzoeksvragen leidt (NTA §4.1). Hier wordt verder niet op ingegaan door Sweco.

Beoordeling interpretatie van onderzoeksresultaten

Volgens de NTA 5755 moet er per onderzoeksdoel getoetst worden of de verkregen informatie juist is om de onderzoeksvraag in voldoende detail te beantwoorden. Dit wordt tezamen gedaan met het conceptueel model. De verontreiniging is verder afgeperkt dan in fase 1 en 2, gezien er op aangrenzende percelen aan de noord- en oostzijde geen overschrijdingen van INEV worden aangetoond. Voor de niet onderzochte aangrenzende percelen wordt gesteld dat er geen hogere PFAS-gehalten verwacht worden op basis van historisch gebruik en vooronderzoek. Verticaal is de verontreiniging tot 4,0 m-mv goed afgeperkt, maar vanaf 4,0 – 28,5 m-mv (grondwaterspiegel) is het profiel onzekerder. Hierdoor is het volume van verontreinigde grond grotendeels een grove inschatting. Er wordt wederom geconcludeerd dat de grondverontreiniging zowel verticaal als horizontaal niet volledig is afgeperkt. Ten opzichte van fase 1 en 2 heeft er een detailleringsslag plaatsgevonden.

In de peilbuizen in het brongebied worden verhoogde gehalten aan PFAS gevonden. Sampling resultaten zouden in de diepte verder afnemen. Hoewel dit grotendeels correct is, is bijvoorbeeld in peilbuis P3.1.1 nog wel o.a. 8100 ng/l PFHxS gevonden in de diepste verfiltering (35-36m SGS rapport nr. 13896350-1). Vanuit de grondwatermodellering lijkt het erop dat het grondwater niet richting La Cabine stroomt. Ook op basis van de isohypsen op grondwatertools (LHM laag 2, 2019, zie bijlage 1 van deze kennisnotitie) lijkt de voorgestelde stromingsroute uit het grondwater model aannemelijk (gemodelleerd door Sweco met AMIGO en MODFLOW). Het lijkt erop dat La Cabine ook niet het laagste punt is, mits de vlek verder zou stromen. Echter liggen de pluim en het grondwater beschermingsgebied zeer dicht bij elkaar.

Om te beoordelen of er al diffuse verontreiniging bij La Cabine is aangetroffen heeft Vitens een 15-tal peilbuizen bemonsterd om eventuele PFAS-concentraties in het gebied in kaart te brengen. In noordelijke filters van Vitens op NAP +16 en NAP +7 m worden

respectievelijk 41 ng/l en 29 ng/l som PFAS aangetroffen⁶. De verbindingen betreffen onder andere PFOA, PFHxA, PFBA, PFHpA en PFBS. De herkomst van deze PFAS is onzeker; maar gezien deze concentraties boven de drinkwater norm van 4,4 ng/l PFOA-equivalenten komen, vereist het wel aandacht (RIVM, 2024). Het RIVM meent dat het hoogst onwaarschijnlijk is dat de PFAS van complex Groot Heidekamp afkomstig is, vanwege de isohypsen en de positie van de peilbuizen ten opzichte van de verontreiniging.

Beoordeling en advies overkoepelend rapport fase 1, 2 en 3.

Vanuit NTA 5755:2022 §7.3 kan worden gecontroleerd of alle elementen aanwezig zijn. In fase 1 en 2 is aan de meeste punten voldaan. Echter zijn er enkele punten van aandacht. Ten eerste is de NTA-5755 niet expliciet gebruikt ter uitvoering van het nader onderzoek. Hoewel het rapport de meeste elementen bevat, bemoeilijkt dit het beoordelen van het nader onderzoek. Het wordt ten eerste aanbevolen de verschillende fasen van dergelijke bodemonderzoeken gescheiden te beschrijven op basis van de bijbehorende Nederlandse Normen (in dit geval de gebruikte NEN 5725, NEN 5740 en niet gebruikte NTA 5755). Dit houdt het overzichtelijk, en helpt bij de interpretatie voor het maken van beslissingen over vervolgstappen.

Hoofdzakelijk is de doelstelling niet behaald. Hoewel dit wordt erkend in het rapport, waarin vervolgstappen duidelijk (en correct) worden uitgezet, zou dit volgens de NTA 5755 onderdeel moeten zijn van het lopende (in dit geval uitgevoerde) onderzoek. Daarbij is er geen expliciet conceptueel model van de locatie opgesteld (NTA 5755 : 2022 §7.3d).

Het is mogelijk dat er belemmerende randvoorwaarden zijn voorgekomen waardoor er niet aan de informatiebehoefte kan worden voldaan, maar dan moet dit wel expliciet worden genoemd (NTA 5755 : 2022 §7.3g, I). Verder ontbreken er in fase 1 en 2 op meerdere plekken motivaties, verwijzingen (bijvoorbeeld naar bijlage 4 in de rapportage fase 1 en 2, waar veel motivaties worden vermeld voor onderzoekstechnieken) en/of uitleg (NTA 5755 : 2022 §7.3b). Aanwezigheid hiervan zou ten eerste helpen bij de interpretatie van de gepresenteerde data en de gemaakte keuzes ten behoeve van vervolgstappen. Dit sluit o.a. aan bij NTA 5755 : 2022 §7.3j opm. 2.

Met fase 3 heeft er een afperkingsslag plaatsgevonden ten opzichte van vorig onderzoek. Daarbij is er in deze rapportage veel aandacht besteed aan de gevoelige receptor La Cabine (het drinkwateronttrekkingsgebied). De hoofdonderzoeksvragen worden grotendeels beantwoord. De combinatie van het conceptueel model, het grondwaterstromingsmodel en de kaarten uit bijlage 2 geven een beeld van de situatie op de locatie en de potentiële verspreiding van de pluim. Er zou echter nog meer aandacht besteed kunnen worden aan de pluim, door meerdere peilbuizen in de pluim te plaatsen om zo meer validatie te krijgen over het stromingsmodel.

Er zijn enkele punten van aandacht, waaronder de afperking van de bodemverontreiniging, zowel horizontaal als verticaal onder 5,0 m-mv. De keuze om geen verdere horizontale afperking uit te voeren, is door Sweco onderbouwd op basis van historisch gebruik en vooronderzoek, waarin wordt gesteld dat hogere PFAS-gehalten niet worden verwacht. Tot 4,0 m-mv is de verontreiniging goed afgeperkt, echter tussen 4,0-5,0 m-mv wordt aangenomen dat het patroon er hetzelfde uitziet als tot 4,0 m-mv. Vanaf 5,0 m-mv is de verontreiniging heterogeen aanwezig. In de NTA 5755:2022 staat

⁶ Zie Sweco rapport fase 3, bijlage 7, figuur 5.4. Dit betreft peilbuis 40AP0571.

echter dat een heterogeen verdeelde verontreiniging om een intensievere bemonstering vraagt dan een homogeen verdeelde verontreiniging (Bijlage A.2 van de NTA). Ondanks dat hiervoor geen handreiking wordt gegeven in de NTA, is dit een bijzondere situatie die hier wel om kan vragen. In de rapportage wordt niet verder op deze onzekerheid ingegaan, of de effecten hiervan op vervolgstappen. In de NTA wordt gevraagd om een afweging of de onderzoeksinspanning de onderzoeksvragen voldoende beantwoordt, en of additionele onderzoeksinspanning kosteneffectief is en/of tot de gewenste beantwoording van de onderzoeksvragen leidt (§4.1). Over afperking van de grondwater pluim wordt in de NTA gesteld dat het kosteneffectiever is om dit te faseren. Over dergelijke motivaties worden door Sweco geen uitspraken gedaan.

De ontbrekende kennishiaten worden in de rapportage niet verder meegenomen in het advies van Sweco; er wordt met name gesproken over het juridisch kader. Met betrekking tot opvolging wordt er een passieve aanpak voorgesteld om het beleid af te wachten en tussentijds stroomafwaarts te monitoren op basis van de grondwatermodellering van de verspreiding.

Als wordt aangenomen dat het volledige bodemvolume onder 5,0 m-mv tot de grondwaterspiegel vervuild is, dan zou het gaan om een vervuild bodemvolume van 450.765 m³. Tot 5,0 m-mv zou het gaan om 122.189,5 m³. Hoewel dit een worst-case benadering is, kan dit leiden tot een incorrecte inschatting van maatregelen indien deze moeten worden getroffen. Overkoepelend berust veel op aannames en modellering; het RIVM advies is om de contouren beter in beeld te brengen d.m.v. metingen.

3. Second opinion risicobeoordeling TTE

3.1 Samenvatting risicobeoordeling TTE

Het Rijksvastgoedbedrijf heeft TTE Consultants gevraagd de risico's van deze verontreiniging te beoordelen.

Uit de risicobeoordeling komen globaal de volgende resultaten:

- Humane Risico's: Uit de risicobeoordeling met Sanscrit blijkt dat er geen humane risico's zijn.
- Ecologische Risico's (Wbb): middenniveau en de HC50 voor doorvergiftiging worden overschreden in de bodem. Voor het grondwater geldt dit niet. Daar gaat men alleen uit van directe vergiftiging. Hiervoor zijn de concentraties onder de risicogrenzen.
- Verspreidingsrisico's: De grondwatermodellering van Sweco suggereert dat er geen onaanvaardbare risico's zijn voor drinkwaterwinningen. Er zijn echter wel enkele objecten waarover nog onduidelijkheden zijn (§3.4 risicobeoordeling TTE)

3.2 Bevindingen risicobeoordeling TTE wanneer gespiegeld aan richtlijn GGD

De GGD-richtlijn medische milieukunde: Bodem en gezondheid bestaat uit 5 stappen, waarvan de eerste 3 bestaan uit het verzamelen van informatie en het beoordelen van deze informatie (Kragt et al., 2024). In de risicobeoordeling worden deze stappen niet behandeld. Het is niet expliciet genoemd welke informatie is geïntegreerd in de beoordeling, maar het gaat om een aanvulling op fase 3; dit lijkt dus ook de gebruikte informatie te zijn waarop de beoordeling is gebaseerd. Er wordt gekeken of stap 4 correct en volledig is uitgevoerd.

Een risicobeoordeling kan worden uitgevoerd op basis van gezondheidkundige risicowaarden voor bodem (nog niet beschikbaar voor PFAS), of op basis van de interventiewaarden. Er is gekozen voor een beoordeling op basis van interventiewaarden.

Ten eerste moet de kennis van de stoffen worden geïnventariseerd; gezien het hier gaat om PFAS is kennis nodig van het MTR en de risicogroepen en achtergrondblootstelling. Hoewel het MTR en de achtergrondwaarden gekend zijn, wordt er niet behandeld welke humane risicogroepen op welke manier in aanraking komen met de verontreiniging. Voor de onttrekking die plaatsvindt op sportveld terrein te Schaarsbergen (in de buurt van de bron zone), kan dit relevant zijn. Het is niet onderzocht waarvoor dit water wordt gebruikt. Er zijn in de uitdraaien van Sanscrit (Bijlage 2 van de risicobeoordeling van TTE) wel algemene blootstellingsroutes genoemd. De rest van de gegevens (samenstelling bodem, gebruik bodem) zijn aanwezig (Hage & Alphenaar, 2024). De uitgevoerde Sanscrit toetsen lijken correct (met de ingevoerde gegevens) en reproduceerbaar; ook lijkt Sanscrit voor deze situatie het juist gekozen instrument.

De monsterwaarden van de eerste meter uit het bodemonderzoek worden gebruikt om de humane en ecologische risico's te bepalen. Er wordt erkend dat er vanaf 1,5 meter substantieel hogere waarden zijn, maar het risico op contact met deze lagen wordt klein geacht. Volgens de richtlijn voor een (eerste globale) risicobeoordeling is dit geoorloofd (Zie stap 4). Echter is dit wel een belangrijke kanttekening die moet worden geplaatst bij de resultaten van de risicobeoordeling. Immers; indien men dieper dan ~1 meter graaft komt men in aanraking met vervuilde grond boven toegestane risicowaarden (afhankelijk van de plek van graven). Bij toekomstige werkzaamheden is het belangrijk dat dit meegenomen wordt in de afweging voor bijvoorbeeld het verlenen van vergunningen.

Voor ecologische risico's van doorvergiftiging wordt op veel plekken het middenniveau overschreden. Er wordt in de risicobeoordeling genoemd dat het RIVM adviseert voor de risicobeoordeling uit te gaan van doorvergiftiging, zonder dat hierbij een bron wordt genoemd. Dit is echter wel correct in lijn met RIVM-publicatie 'Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX' (Wintersen & Otte, 2021). In de aanbeveling wordt genoemd dat schadelijke bijeffecten (wegnemen van bomen) relevant kunnen zijn indien er moet worden ontgraven. Deze opmerking is correct: het moet niet de bedoeling zijn dat er meer ecologische schade ontstaat dan wat er wordt weggenomen.

Op basis van de Wbb is er sprake van een onbeheersbare situatie met betrekking tot de grondwaterverontreiniging. Er wordt op basis van de grondwater modellering beweerd dat dit in de praktijk niet zo is. Echter is het model nog niet aan voldoende gegevens uit het veld getoetst: het aantal peilbuizen in de pluim is zeer beperkt. Hier is nog sprake van een onzekerheid. Om de onzekerheid te verminderen, kan het model worden gevalideerd door monsters te nemen uit nog niet bemonsterde (of nog bij te plaatsen) peilbuizen. Dit helpt om de contouren van de pluim beter in kaart te brengen. Het lijkt erop dat de verontreiniging langzaam verspreid, hierom lijkt het advies van Sweco uit fase 3 (monitoring) begrijpelijk (zoals genoemd onder *Beoordeling en advies overkoepelend rapport fase 1, 2 en 3*). Deze aanpak leidt er niet toe dat verdere verspreiding van de verontreiniging wordt voorkomen. Met betrekking tot de GGD-richtlijn lijkt de risicobeoordeling procesmatig correct uitgevoerd.

4. Samenvatting en conclusie

In het Sweco rapport fase 1 en 2 ontbreken enkele motivaties voor keuzes, verwijzingen en/of uitleg en een expliciet conceptueel model. Dit zou kunnen helpen bij de interpretatie van de resultaten. In het Sweco rapport fase 3 wordt dit verder aangevuld en vindt er een afperkingsslag plaats ten opzichte van de PFAS-bodemverontreiniging en worden de gestelde hoofdvragen grotendeels beantwoord. De combinatie van het conceptueel model, het grondwaterstromingsmodel en de kaarten uit bijlage 2 van fase 3 geven een beeld van de situatie op de locatie en de potentiële verspreiding van de pluim. De beschikbare informatie lijkt voldoende om de humane en ecologische risico's te bepalen.

De afperking van de bodemverontreiniging is tot 4,0 m-mv goed uitgevoerd. Tussen 4,0-5,0 m-mv is er een aanname gedaan over het verontreinigingsprofiel. Vanaf 5,0 m-mv is de verontreiniging heterogeen aanwezig, wat intensievere bemonstering vereist. Hier ontbreekt de beargumentering om wel of niet verder te gaan met de afperking van de verontreiniging. Met de huidige gegevens kan bijvoorbeeld nauwelijks worden ingeschat wat de vrachtverdeling tussen de bodem en het grondwater is. Hierdoor kan er geen onderbouwde uitspraak worden gedaan met betrekking tot de aard en omvang van de PFAS verontreiniging die verder kan verspreiden. Dit kan van belang zijn voor de bepaling van het verspreidingsrisico.

De risicobeoordeling blijkt volgens de GGD-richtlijn procesmatig correct te zijn uitgevoerd door TTE. De resultaten vanuit Sanscrit zijn reproduceerbaar. Er is een aandachtspunt over de onttrekking van met potentieel PFAS vervuild water voor het sportveld te Schaarsbergen: het gebruik hiervan is onbekend en dient te worden onderzocht. Met het oog op toekomstig bodemgebruik moet er goed op worden gelet dat mensen niet in aanraking komen met de PFAS-verontreiniging die dieper zit dan ~1 meter (vooral op plekken waar de concentraties zorgen voor een overschrijding van de risico-index). Onder het overgangsrecht (de Wbb) worden de ecologische risico's overschreden, maar het wegnemen van deze risico's dient niet tot grotere ecologische schade te leiden. Daarbij wordt er geconcludeerd dat er geen sprake is van een onbeheersbare situatie op basis van het grondwatermodel (verspreidingsrisico's). Het model is echter beperkt gevalideerd met veldgegevens, omdat het aantal peilbuizen in de pluim beperkt is. Hier ligt nog een (te) grote onzekerheid met betrekking tot verspreidingsrisico's.

De adressering van de ontbrekende kennishiaten wordt niet meegenomen in het advies van Sweco noch TTE; de nadruk ligt op het juridisch kader. Sweco adviseert om te monitoren met als leidraad het grondwatermodel. Het RIVM vindt het wenselijk dat er voor de verontreiniging op defensieterrein complex Groot Heidekamp een goed doordacht monitoringsplan komt; dit om zowel de huidige situatie beter in kaart te brengen, evenals de kennishiaten te adresseren, met de focus op bescherming van gevoelige receptoren (La Cabine). Indien wordt besloten dat er peilbuizen worden bijgeplaatst ten behoeve van monitoring moet er aandacht zijn voor preventie van verspreiding van PFAS door boorwerkzaamheden. Daarbij zou het nuttig zijn als een handelingskader wordt opgesteld gericht op de ontwikkelingen van de verontreiniging.

Verwijzingen

- Brunn, H., Arnold, G., Körner, W., Rippen, G., Steinhäuser, K. G., & Valentin, I. (2023). PFAS: forever chemicals—persistent, bioaccumulative and mobile. Reviewing the status and the need for their phase out and remediation of contaminated sites. *Environmental Sciences Europe*, 35(1), 1-50.
- Evich, M. G., Davis, M. J., McCord, J. P., Acrey, B., Awkerman, J. A., Knappe, D. R., Lindstrom, A. B., Speth, T. F., Tebes-Stevens, C., & Strynar, M. J. (2022). Per-and polyfluoroalkyl substances in the environment. *Science*, 375(6580), eabg9065.
- Hage, K., & Alphenaar, A. (2024). *Risicobeoordeling PFAS Groot Heidekamp te Schaarsbergen*. T. consultants.
- Kea, K. (2024). *Nader bodemonderzoek PFAS Fase 3, Groot Heidekamp te Schaarsbergen D2*.
- Kragt, A., Botma, R., Breemen, P. v., Eggens, M., Hegger, C., Links, I., Scholtes, M., Sluis, N., Zijlstra, A., & Helm, J. v. d. (2024). *GGD-richtlijn medische milieukunde: bodem en gezondheid*. GGD. Retrieved 1-12-2024 from <https://www.rivm.nl/ggd-richtlijn-mmk-bodem-en-gezondheid>
- NEN. (2022). NTA 5755:2022 nl. In *Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van nader onderzoek - Onderzoek naar de aard en omvang van bodemverontreiniging* (pp. 42): NEN.
- NEN. (2023a). NEN 5725:2023 nl. In *Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van milieuhygiënisch vooronderzoek*: NEN.
- NEN. (2023b). NEN 5740:2023. In *Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van verkennend bodemonderzoek - Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond* (pp. 63).
- Riel, E. J. M. v. (2019). *Eindrapportage historisch onderzoek naar PFAS in blusschuim Rijksvastgoedbedrijf*.
- RIVM. (2024). *PFAS in drinkwater*. Retrieved 1-12-2024 from <https://www.rivm.nl/pfas/drinkwater>
- Sietzema, A. (2021). *Bodemonderzoek PFAS en indicatief asbest- en milieuhygiënisch bodemonderzoek*. Sweco.
- van Leeuwen, J., Stofberg, S., van der Grift, B., & Hartog, N. (2023). *Verkenning uitspoeling van diffuse PFAS verontreiniging voor onverzadigde bodems in Nederland*. KWR.
- Wintersen, A. (2022). *Impact Assessment Interventiewaarden PFAS grond en grondwater*. RIVM.
- Wintersen, A. (2023). *Handelingskader voor hergebruik van PFAS-houdende grond en baggerspecie versie december 2023*. RIVM.
- Wintersen, A., Claessens, J., Wit, M., van Helvoort, K., Wolters, M., Stoffelsen, B., van Wijnen, H., & van Breemen, P. (2021). Landsdekkend beeld van PFAS in Nederlands grondwater.
- Wintersen, A., & Otte, P. (2020). *Indicatieve niveaus voor ernstige bodem- en grondwaterverontreiniging (INEV's) voor de stoffen PFOS, PFOA en GenX*.
- Wintersen, A., & Otte, P. (2021). *Risicogrenzen ten behoeve van de vaststelling van Interventiewaarden voor PFOS, PFOA en GenX*.
- Zeilmaker, M., Fragki, S., Verbruggen, E., Bokkers, B., & Lijzen, J. (2018). Mixture exposure to PFAS: A relative potency factor approach.

Bijlage 1 Grondwater isohypsen gebied complex Groot Heidekamp te Schaarsbergen

In onderstaande Figuur 1 zijn de isohypsen in het gebied weergegeven, met daarin de locatie van de bron en het waterbeschermingsgebied van Vitens, evenals complex Groot Heidekamp te Schaarsbergen.

Figuur 1 Isohypsen LHM laag 2, 2019. via: grondwatertools.nl. Op de kaart zijn het drinkwatergebied en het grondwaterbeschermingsgebied van Vitens aangegeven (licht- en donkerblauw omheind gebied in het midden). Rechtsboven hiervan ligt het complex Groot heidekamp te Schaarsbergen (rode rechthoek). De isohypsen (blauwe grillige lijnen die over de kaart lopen, m.u.v. de bredere rivierlijnen) zijn gebaseerd op de stijghoogtes in de geselecteerde peilbuizen (rode cirkels op de kaart). Het grondwater stroomt van de plekken waar hoge stijghoogten worden gevonden (de getallen op de blauwe lijnen) naar plekken waar lagere stijghoogten worden gevonden.

